

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08294001 A**

(43) Date of publication of application: **05 . 11 . 96**

(51) Int. Cl.

**H04N 1/393**  
**G06T 3/40**  
**H04N 1/405**  
**H04N 1/60**  
**H04N 1/41**  
**H04N 7/30**  
**// G06F 17/14**

(21) Application number: **07095711**

(22) Date of filing: **20 . 04 . 95**

(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**

(72) Inventor: **MURAYAMA YASUHIKO**  
**KUWATA NAOKI**

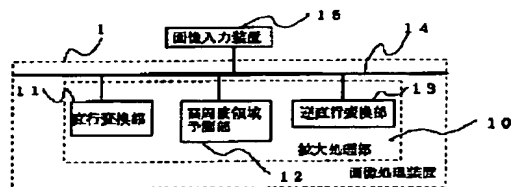
(54) **IMAGE PROCESSING METHOD AND IMAGE PROCESSING UNIT**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide the image processing method and the image processing unit in which a sharp extended image is obtained with high quality at a fast processing speed.

**CONSTITUTION:** A division of an original image with a size of  $N \times N$  picture elements by a magnification processing section 10 is used for a block and a conversion section 11 applies orthogonal transformation to the block as a unit. Then, a high frequency area predict section 12 prepares a frequency area in response to a magnification and predicts a high frequency component. A frequency area with a size of  $\alpha N \times \alpha N$  is prepared, where  $\alpha$  is the magnification. Next, an inverse orthogonal transformation section 13 applies inverse orthogonal transformation to the frequency area of  $\alpha N \times \alpha N$  prepared by the prediction section 12 into a rear area (area of an image in real space being a processing object) to terminate the processing of one block. Through the processing above, an image of  $\alpha N \times \alpha N$  is obtained, resulting that a magnified image as a multiple of  $\alpha$  is obtained.



*Best Available Copy*

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-294001

(43)公開日 平成8年(1996)11月5日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N	1/393		H 0 4 N	1/393
G 0 6 T	3/40			1/41 B
H 0 4 N	1/405		G 0 6 F	15/66 3 5 5 J
	1/60		H 0 4 N	1/40 C
	1/41			D

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-95711

(22)出願日 平成7年(1995)4月20日

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 村山 靖彦

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 飯田 直樹

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

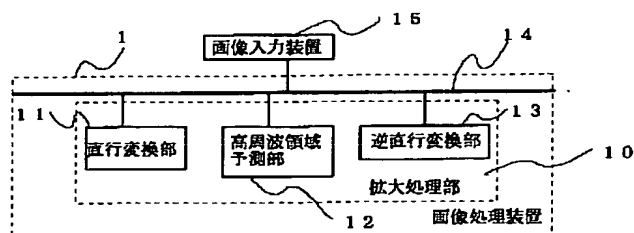
(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

#### (54)【発明の名称】 画像処理方法および画像処理装置

#### (57)【要約】

【目的】 鮮明で処理速度の早い高品質の拡大画像を得ることのできる画像処理方法および画像処理装置を実現することを目的とする。

【構成】 原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行い、拡大率に応じた周波数領域を準備し、この拡大率に応じて準備された周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようする。





1

# 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、前記拡大処理工程は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により拡大率に応じた周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを出力したのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直行変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、前記拡大処理工程は、第 1 の拡大処理工程と第 2 の拡大処理工程を有し、前記第 1 の拡大処理工程は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により、原画像の  $\beta$  倍の周波数領域を用意し、この原画像の  $\beta$  倍の周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直行変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の  $\beta$  倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直行変換を行い、 $\beta$  倍に拡大された原画像の拡大画像を出力し、前記第 2 の拡大処理工程は、前記  $\beta$  倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて  $\alpha/\beta$  倍し、最終的に、原画像に対して  $\alpha$  倍の拡大画像を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 4】 前記第 1 の拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項 3 記載の画像処理方法。

【請求項 5】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、

(2)



2

特開平 8 - 2 9 4 0 0 1

前記画像入力手段により入力された原画像がカラー画像である場合、前記拡大処理工程は、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程、輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理工程およびこれら各拡大処理工程にて拡大されたそれぞれの画像を合成する画像合成工程を有し、

前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、輝度情報の大きいカラープレーンに対し、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により拡大率に応じた周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直行変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにし、前記輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理工程は、輝度情報の小さいカラープレーンに対し、周波数領域に変換しない実領域における原画像の所定倍の拡大処理を行い、画像合成工程により、前記各拡大処理工程により得られた画像を合成することにより原画像に対する所定倍の拡大画像を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 6】 前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項 5 記載の画像処理方法。

【請求項 7】 前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、前記原画像の  $\beta$  倍の周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の  $\beta$  倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直行変換を行い、 $\beta$  倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この  $\beta$  倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて  $\alpha/\beta$  倍し、最終的に、原画像に対して  $\alpha$  倍の拡大画像を得ることを特徴とする請求項 5 記載の画像処理方法。

【請求項 8】 前記予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を取り出し、この取り出した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周

50

波数成分との相関関係をもとに求めることを特徴とする請求項1、3または5記載の画像処理方法。

【請求項9】 前記高周波領域予測工程は、前記直交変換工程により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なうことを特徴とする請求項1、3または5記載の画像処理方法。

【請求項10】 前記直交変換工程および逆直交変換工程は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いることを特徴とする請求項1、3または5記載の画像処理方法。

【請求項11】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、前記拡大処理手段は、

前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、

拡大率に応じた周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測部と、この高周波領域予測部により得られた拡大後の周波数領域の画像データを、逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得る逆直交変換手段と、を有することを特徴とする画像処理装置。

【請求項12】 前記拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項11記載の画像処理装置。

【請求項13】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、前記拡大処理手段は、第1の拡大処理手段と第2の拡大処理手段を有し、

前記第1の拡大処理手段は、

前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、

原画像の $\beta$ 倍の周波数領域を準備し、この原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づ

いて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測手段と、この高周波領域予測手段により得られる拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換し、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得る逆直交変換手段と、を有し、

前記第2の拡大処理手段は、周波数領域に変換しない実領域での拡大処理手段で構成され、前記第1の拡大処理手段によって前記 $\beta$ 倍に拡大された原画像を、 $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得ることを特徴とする画像処理装置。

【請求項14】 前記第1の拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項13記載の画像処理装置。

【請求項15】 画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、

前記画像入力手段により入力された原画像がカラー画像である場合、前記拡大処理手段は、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段、輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理手段およびこれら各拡大処理手段にて拡大されたそれぞれの画像を合成する画像合成手段を有し、

前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、

輝度情報の大きいカラープレーンに対し、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、

拡大率に応じた周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測手段と、この高周波領域予測手段により得られた拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換し、原画像に対して所定倍の拡大画像を得る逆直交変換手段と、

を有し、

前記輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理手段は、周波数領域に変換しない実領域における拡大処理手段で構成され、輝度情報の小さいカラープレーンに対し、周波数領域に変換しない実領域における原画像の所定倍の拡大処理を行い、画像合成手段により、前記各拡大処理手段により得られた画像を合成することにより原画像に対して所定倍の拡大画像を得ることを特徴とする画像処理装置。

【請求項16】 前記輝度情報の大きいカラープレーン

用の拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うことを特徴とする請求項 1 5 記載の画像処理方法。

【請求項 1 7】 前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、前記原画像の  $\beta$  倍の周波数領域を用意し、この用意された周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の  $\beta$  倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換を行い、 $\beta$  倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この  $\beta$  倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて  $\alpha/\beta$  倍し、最終的に、原画像に対して  $\alpha$  倍の拡大画像を得ることを特徴とする請求項 1 5 記載の画像処理装置。

【請求項 1 8】 前記予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を取り出し、この取り出した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周波数成分との相関関係をもとに求めることを特徴とする請求項 1 1、1 3 または 1 5 記載の画像処理装置。

【請求項 1 9】 前記高周波領域予測手段は、前記直交変換手段により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なうことを特徴とする請求項 1 1、1 3 または 1 5 記載の画像処理装置。

【請求項 2 0】 前記直交変換手段および逆直交変換手段は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いることを特徴とする請求項 1 1、1 3 または 1 5 記載の画像処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、鮮明で処理速度の早い高品質の拡大画像を得ることのできる画像処理方法および画像処理装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】 画像データベース、高精細画像印刷等の分野において、高品質な画像処理技術が求められており、その画像処理技術の 1 つとして、画像の拡大がある。また画像の拡大は、画像処理システムの一機能としてのほかに、解像度の異なるデバイス間におけるマッチングをとるため、例えば、電子スチールカメラ等で入力

した低解像度の画像を、レーザープリンタ、インクジェットプリンタ等の高解像度のプリンタに出力する際においても重要な技術となる。

【0003】 従来の画像の拡大方法としては、単純に画素を補間する方法が採用されていた。代表的な補間方法としては、補間する画像に近いサンプル画素の距離比を用いて補間値を決定する線形補間法や、最も近いサンプルの値を補間値とするニアレストネイバ法 (nearest neighbor method) 等がある。

10 【0004】 しかし、上記方法において、線形補間法は通過帯域の周波数特性が抑制されるために、LPF (low pass filter) 的な作用をうけてスムージングされ、ぼやけた画像となる欠点がある。また、ニアレストネイバ法は高周波の漏れが多いため歪みが生じやすく、その歪みがモザイクやエッジ部分のジャギーとして現れる欠点がある。

【0005】 そこで、上記問題を解決し、周波数成分を保存するために、FFT (高速フーリエ変換) や DCT (ディスクリートコサイン変換) などの直交変換を用いて、実空間の画像データ (人間の見たままの画像データ) を、周波数空間の画像データに変換したのちに拡大する方法が提案されている。

【0006】 すなわち、図 19 (a) に示すような実空間の原画像 ( $N \times N$  画素) を直交変換を用いて、同図

(b) に示すような周波数空間の画像 ( $N \times N$  画素) に変換する。この周波数空間の画像データは、 $N \times N$  の行列で表され、この周波数変換後の行列は、図示、左上部分に行くほど低周波成分となり、図示、矢印に沿って右方向および下方向に行くにしたがって高周波成分となる特徴がある。そして、このように、周波数空間の画像に変換された領域を  $\alpha$  倍した領域、すなわち、図 19

(c) のように、 $\alpha N \times \alpha N$  の領域を用意し、 $\alpha N \times \alpha N$  の領域における低周波成分の部分には、上記直交変換により得られた同図 (b) で示す  $N \times N$  の周波数領域をそのままコピーし、残りの高周波領域にはゼロを補間する。最後に、この  $\alpha N \times \alpha N$  の周波数領域を逆直交変換することにより、図 19 (d) のように  $\alpha$  倍された実空間の拡大画像が得られる (特開平 2-76472、特開平 5-167920)。

40 【0007】 このような高周波領域にゼロを補間する方法以外にも、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法も提案されている (特開平 6-54172)。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前述した高周波領域にゼロをうめて拡大する方法は、線形補間法やニアレストネイバ法による拡大方法に比べれば良好な画像が得られるが、高周波成分の復元がされていないため、十分に鮮明な画像が得られないという問題があった。また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰

り返す過程で、高周波成分の復元をする方法は、正変換と逆変換を繰り返すために、演算処理が多くなり、処理速度において問題がある。

【0009】すなわち、直交変換、逆直交変換の演算量は、拡大率 $\alpha$ があまり大きくない場合には問題ないが、拡大率 $\alpha$ が大きいと正変換の演算量に対し、逆変換の演算量が( $\alpha N$ )にほぼ比例して増えることになる。特に、実際に行われる2次元のブロックに対する処理においては、その演算量は( $\alpha N$ )の3乗にほぼ比例して増えることになる。さらに、カラー画像の拡大となると、複数のカラープレーンに対して拡大処理を行わなければならないため、さらに処理時間がかかる事になる。また、拡大処理の対象となる画像が低解像度の場合には、高周波成分の復元が十分に行われないという問題もある。

【0010】本発明は、前記従来の問題点を解決すべくなされたもので、サンプリング時に失われた高周波成分を予測し、かつ、カラー画像の拡大においても処理速度が早く、さらに拡大処理の対象となる画像が低解像度であっても鮮明な拡大画像を得ることのできる画像処理方法および画像処理装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理方法は、画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、前記拡大処理工程は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により拡大率に応じた周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしている。

【0012】前記拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0013】また、本発明の画像処理方法は、画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、前記拡大処理工程は、第1の拡大処理工程と第2の拡大処理工程を有し、前記第1の拡大処理工程は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により、原画像の $\beta$ 倍の周波数領域を用意し、

この原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直交変換を行い、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を出力し、前記第2の拡大処理工程は、前記 $\beta$ 倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。

【0014】そして、前記第1の拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0015】また、本発明の画像処理方法は、画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理工程を有する画像処理方法において、前記画像入力手段により入力された原画像がカラー画像である場合、前記拡大処理工程は、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程、輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理工程およびこれら各拡大処理工程にて拡大されたそれぞれの画像を合成する画像合成工程を有し、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、輝度情報の大きいカラープレーンに対し、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換工程により原画像の直交変換を行い、高周波領域予測工程により拡大率に応じた周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換工程により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換工程により逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにし、前記輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理工程は、輝度情報の小さいカラープレーンに対し、周波数領域に変換しない実領域における原画像の所定倍の拡大処理を行い、画像合成工程により、前記各拡大処理工程により得られた画像を合成することにより原画像に対する所定倍の拡大画像を得るようにしている。

【0016】そして、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0017】さらに、前記輝度情報の大きいカラープレ

ーン用の拡大処理工程は、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直行変換を行い、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この $\beta$ 倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしてもよい。

【0018】ところで、以上の画像処理方法において、前記予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を取り出し、この取り出した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周波数成分との相関関係をもとに求めるようにする。

【0019】また、前記高周波領域予測工程は、前記直交変換工程により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換工程により直行変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なう。

【0020】また、前記直交変換工程および逆直交変換工程は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いる。

【0021】また、本発明の画像処理装置は、画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、前記拡大処理手段は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、拡大率に応じた周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して、拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測部と、この高周波領域予測部により得られた拡大後の周波数領域の画像データを、逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得る逆直交変換手段とを有している。

【0022】そして、記拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0023】また、本発明の画像処理装置は、画像入力

手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、前記拡大処理手段は、第1の拡大処理手段と第2の拡大処理手段を有している。そして、前記第1の拡大処理手段は、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、原画像の $\beta$ 倍の周波数領域を用意し、この原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直行変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測手段と、この高周波領域予測手段により得られる拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換し、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得る逆直交変換手段とを有している。一方、前記第2の拡大処理手段は、周波数領域に変換しない実領域での拡大処理手段で構成され、前記第1の拡大処理手段によって前記 $\beta$ 倍に拡大された原画像を、 $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。

【0024】そして、前記第1の拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0025】また、本発明の画像処理装置は、画像入力手段により入力された原画像に含まれる画像情報に基づいて画像を所定倍に拡大する拡大処理手段を有する画像処理装置において、前記画像入力手段により入力された原画像がカラー画像である場合、前記拡大処理手段は、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段、輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理手段およびこれら各拡大処理手段にて拡大されたそれぞれの画像を合成する画像合成手段を有している。そして、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、輝度情報の大きいカラープレーンに対し、前記原画像を周波数領域に変換するために直交変換を行う直交変換手段と、拡大率に応じた周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換手段により直行変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して拡大後の周波数領域の画像データを得る高周波領域予測手段と、この高周波領域予測手段により得られた拡大後の周波数領域の画像データを逆直行変換し、原画像に対して所定倍の拡大画像を得る逆直交変換手段とを有している。一方、前記輝度情報の小さいカラープレーン用の拡大処理工程は、周波数領域に変換しない実領域における拡大処理手段で構成され、輝度情報の小さいカラープレーンに対し、周

波数領域に変換しない実領域における原画像の所定倍の拡大処理を行い、画像合成手段により、前記各拡大処理手段により得られた画像を合成することにより原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしている。

【0026】前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしてもよい。

【0027】また、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域を用意し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記原画像の $\beta$ 倍の周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換を行い、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この $\beta$ 倍に拡大された原画像を、周波数領域に変換しない実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。

【0028】以上の画像処理装置において、前記予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を取り出し、この取り出した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周波数成分との相関関係をもとに求める。

【0029】また、前記高周波領域予測手段は、前記直交変換手段により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なう。

【0030】さらにまた、前記直交変換手段および逆直交変換手段は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いる。

【0031】

【作用】本発明は、原画像を周波数領域に変換するために、原画像の直交変換を行い、拡大率に応じた周波数領域を準備し、この拡大率に応じた周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数データをそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数データを復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換して、原

画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしている。したがって、拡大後の画像には高周波成分を含む画像が得られるので、鮮明な拡大画像を得ることができる。また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法のように、直行変化を繰り返す必要がないので、演算数を大幅に増やすことがなく、高速な高周波予測が可能となる。

【0032】さらに、直交変換手段として、矩形波を基底ベクトルとした直交変換（たとえば、アダマール変換など）を用いる。これら矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換は、低周波領域への電力集中が小さいことから、高周波の情報の影響がより大きなものとなり、高周波成分を埋めることによる画像の鮮明度をより大きくすることができ、画質改善効果を極めて大きなものとして行うことができる。

【0033】また、原画像のエッジ部分のエッジ強調を行い、擬似的に拡大の対象となる原画像に高周波データを加えたのちに、拡大処理を行うことにより、鮮明な拡大画像を得ることができる。たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理に対しては、原画像に対して、エッジ強調により、疑似的に高周波成分が加えられるので、これにより、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像を得ることができる。

【0034】また、本発明は、第1、第2の2段の拡大処理を行い、第1の拡大処理では、周波数領域に変換した拡大処理とし、この第1の拡大処理では拡大率を抑えて（2から4倍程度）拡大処理し、その拡大処理した画像を、線形補間法あるいはニアレストネイバ法などによる第2の拡大処理により、さらに拡大処理するようにしたので、拡大率が大きい場合でも高速な拡大処理が可能となり、かつ、様々な拡大率にも適応可能となる。

【0035】また、本発明では、入力された原画像がカラーである場合、各カラープレーン（例えばRGBカラープレーン）の輝度に関する情報量の違いを考慮し、輝度情報の大きいカラープレーンに対しては、鮮明な拡大画像が得られる周波数領域での拡大処理を行い、輝度情報の小さいカラープレーンに対しては、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の速い拡大方法により拡大処理を行なうようにしたので、全体として処理時間の高速化が図れ、しかも鮮明な画像を得ることができる。

【0036】

【実施例】

（第1の実施例）以下、本発明の第1の実施例を説明する。

【0037】図1は、第1の実施例の構成を説明するブロック図である。10は画像処理装置1内に設けられた拡大処理部であり、処理対象となる実空間の画像の領域（以下、実領域という）を周波数空間の画像の領域（以



下、周波数領域という)へ変換するために、直交変換を行う直交変換部11、拡大率に応じた周波数領域を用意するとともに高周波成分の予測を行う高周波領域予測部12、高周波領域予測部12で用意された周波数領域を実領域に変換を行う逆直行変換部13、およびこれら各処理部を接続するためのバス14より構成される。また、15は処理対象となる原画像の入力を行うための画像入力装置15であり、光学的な画像入力を行う場合は光学的画像入力装置(たとえばスキャナ)や通信による入力装置、あるいは画像データを蓄える記憶装置などである。

【0038】また、前記各処理部は、ハードロジックにより構成されるものであっても、さらにCPUを付加することによりソフト的な処理により実現されるものであってもよい。

【0039】次に拡大処理部10全体の概略的な処理の流れについて説明する。図2はそのフローチャートである。まず、図3(a)のように原画像101をある大きさ、例えば $N \times N$ 画素の大きさに分割したものを1つのブロック(ブロックB1、B2、...)とし、その $N \times N$ 画素のブロックを1つの単位として、直交変換部11により実領域から周波数領域へ変換を行うために直交変換を行う(ステップs1)。

【0040】そして、高周波領域予測部12により拡大率に応じた周波数領域を用意するとともに高周波成分の予測を行う(ステップs2)。ここで拡大率を $\alpha$ とすると、 $\alpha N \times \alpha N$ の大きさの周波数領域が用意されることになる。

【0041】次に、逆直交変換部13により高周波領域予測部12で用意された $\alpha N \times \alpha N$ の大きさの周波数領域を実領域へ逆直交変換を行い、1つのブロックの処理が終了する(ステップs3)。この処理により $\alpha N \times \alpha N$ の画像が得られ、結果として $\alpha$ 倍に拡大された拡大画像を得ることになる。そして、分割された全ブロックの処理が終了しているか否かの判断を行い、全ブロックの処理が終了していなければ、次のブロックの処理を行ない、全ブロックの処理が終了していれば、処理を終了する(ステップs4)。

【0042】ここで、ブロックサイズが問題となるが、これは任意であり、縦横の大きさが違っていてもよく、また画像全体を1つのブロックとしてもよい。ただし、\*

\* 処理時間はブロックサイズが小さいほど早くなるため、処理速度と処理精度との関係から一般には4画素~16画素程度のブロックサイズで処理を行うのが都合がよい。

【0043】なお、画像をブロックに分割することにより拡大画像においてブロックの境界部分に歪みが生じる場合があるが、図3(b)のように、隣合うブロックの一部分が重なるようなブロックの分割を行い、逆直行変換後の画像において重なりのある部分については、画素単位での画素値(たとえば濃度値)の平均を求めることによりブロック歪みの低減を図ることができる。

【0044】すなわち、図3(a)において、それぞれ隣接するブロックB1、B2、B3、B4を例にとると、これらのブロックB1、B2、B3、B4を同図(b)に示すように、それぞれの1部が重なり合うようにブロック分割する。そして、たとえば、ブロックB1とB2との重なり部分w1に存在する画素については、逆直交変換後の実領域におけるブロックB1での画素値とブロックB2での画素値との平均を各画素単位で求め、その平均値を当該画素の画素値とする。また、ブロックB1、B2、B3、B4がすべて重なった部分w2に存在する画素については、逆直交変換後の実領域におけるブロックB1~B4での画素値の平均を各画素単位で求め、その平均値を当該画素の画素値とする。

【0045】次に、前記した各処理部について説明する。まず、直交変換部11について説明する。直交変換部11は実領域から周波数領域へ変換を行うために直交変換を行う。直交変換の方法としては高速フーリエ変換(FFT)、ディスクリット・コサイン変換(DCT)、アダマール(Hadamard)変換、画像の傾斜成分を効率良く表現するために考案されたスラント(Slant)変換、変換の行列要素として+1、0、-1を含み、アダマール変換とほぼ同様の効果が得られるハール(Haar)変換等がある。変換方法の一例として、 $M \times N$ のブロックサイズに対するディスクリット・コサイン変換を下記〔1〕式に、アダマール変換を下記〔2〕式に示す。なお、〔2〕式にはブロックサイズが $N=4$ の場合の変換ベクトルの例も合わせて示してある。

【0046】

【数1】

$$F_w = \frac{2c(u)c(v)}{\sqrt{MN}} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f_{mn} \cos \left\{ \frac{(2m+1)u\pi}{2M} \right\} \cos \left\{ \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \right\} \dots \quad (1)$$

$$\text{ここで、} \begin{pmatrix} \{0 \leq u \leq M-1, 0 \leq v \leq N-1\} \\ c(k) = \frac{1}{\sqrt{2}} & k=0 \text{ のとき} \\ c(k) = 1 & k \neq 0 \text{ のとき} \end{pmatrix}$$

【0047】

【数2】

$$X = H_M \cdot Y \cdot H_N$$

例えば  $N = 4$  のとき

【0048】原則としては、どの直交変換方法を用いてもよい。なお、本発明に適した直交変換方法については別途述べる。

【0049】次に高周波領域予測部12について述べる。高周波領域予測部12は、拡大率に合わせた周波数領域を用意するとともに、直交変換部11により得られた周波数領域のデータをもとに後述する予測ルールを参照して高周波領域の予測を行なう。

【0050】以下、高周波領域予測部12の処理を図4を用いて説明する。図4(a)は直交変換部11により、 $N \times N$ 画素のブロックを周波数領域に変換した結果である。ここで、前記したように、図示、左上には低周波成分が、左上からx1で示す矢印方向、あるいは、y1で示す矢印方向に向かうほど高周波成分が現れるものとする。なお、ブロック内に描かれた矢印は、それぞれのエリアにおける周波数分布の方向を示すものであるが、これについては後に説明する。また、図4(b)は、拡大率 $\alpha$ に応じて用意された周波数領域であり、ここでは拡大率 $\alpha = 2$ の場合を例示している。したがって、図4(b)で示す領域は、 $2N \times 2N$ となる。この $2N \times 2N$ の範囲の領域においても、前記同様、図示、左上方は低周波成分の領域、左上から矢印x1方向、あるいは、矢印y1方向に向かうほど高周波成分の領域であるとする。なお、同図(b)において、濃い網点で示される $N \times N$ の領域を低周波領域、それ以外の部分を高周波領域と呼ぶことにする。

【0051】まず、を $N \times N$ の低周波領域には、直交変換部11により得られた図4(a)の $N \times N$ の周波数領域のデータを図4(b)に示すようにそのままコピーする。これにより、拡大前の原画像の周波数情報がそのまま保存されることになる。

【0052】次に、高周波領域における各画素値の予測を行うが、これをどのようにするかが問題となる。なお、周波数領域への変換は前記したように直交変換を用いて行うが、ここで、「直交変換」とは、変換結果の各要素が直交の関係にある、すなわち、各要素の相関はゼロとなる変換を意味する。しかし、周波数領域への変換結果を調べると、相関がゼロとなるわけではなく、低周波成分と高周波成分との間に少なからず相関があり、この相関は自然画において特にみられる。そこで、この低周波成分と高周波成分との相関を応用して高周波の予測をする。

... [2]

$$H_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

【0053】具体的には以下の通りである。直交変換部11により得られた周波数領域のデータを図4(b)における低周波領域にそのままコピーした周波数領域を、同図(b)のように、いくつかのエリアに分割する。なお、図4(b)において、エリアの大きさは $N/2 \times N/2$ を単位として分割している。したがって、この場合、4つのエリア(エリアa0, a1, a2, a3)に分割される。

【0054】次に、事前に調査した低周波領域と高周波領域とのエリア間の相関関係より、分割した低周波領域のエリアa0, a1, a2, a3の画素値を、高周波領域の各エリア(このエリアも低周波領域と同様、 $N/2 \times N/2$ を単位としたエリアである)にコピーする。ここで、低周波領域と高周波領域とのエリア間の相関関係は、解像度の高い複数のサンプルを用意し調べる。このとき、解像度の高いサンプルを用意するのは、拡大処理は言い換えると解像度を上げる処理であり、解像度の高いサンプルは拡大処理後の正解画像とみなすことができるからである。

【0055】そこで、この解像度の高い原画像サンプルを $2N \times 2N$ のブロックに分割し、このブロックを前記同様、直交変換により周波数領域に変換する。そして、変換した周波数領域を図4(b)と同様に $N/2 \times N/2$ を単位としたエリアに分割し、低周波領域のエリアと高周波領域のエリアとの相関を調べる。この相関をもとに、高周波成分の予測ルールを作成する。ここで、予測ルールとは、低周波領域の各エリアと高周波領域の各エリアにおける周波数分布などの関係等を表したものをいう。この予測ルールは、1つだけのサンプルから得られるものではなく、幾つものサンプルを用意し、それぞれのサンプルから得られた低周波領域の各エリアと高周波領域の各エリアにおける周波数分布などの相関を基にして、たとえば各サンプルの平均値を求めることによって得るものである。

【0056】そして、このようにして事前に作成した予測ルールを用い、高周波領域に画素データを埋めて行く処理を行う。

【0057】あらかじめ作成された予測ルールの一例を図5に示す。図5において、この場合も左上の $N \times N$ の領域を低周波領域とする。この低周波領域は4つのエリアに分割され、そのエリアは前記同様、a0~a3で示す。また、各エリア内に描かれた矢印は、そのエリアに

における周波数分布の方向、つまり、高周波成分および低周波成分の方向を示すもので、低周波方向は実線の矢印、高周波方向は点線の矢印で示し、矢印の方向に従って低周波または高周波の度合いが強くなることを示している。

【0058】この図5で示す予測ルール例によれば、図4(b)における高周波領域のエリアa5には、低周波領域のエリアa1をそのままコピーする(矢印の向きも同じ)ことが示されており、また、図4(b)における高周波領域のエリアa4には、低周波領域のエリアa1をコピーする(矢印の向きは異なる)ということが示されている。また、図4(b)における高周波領域のエリアa6、a7、a8には、それぞれ低周波領域のエリアa2をコピーする(矢印の向きはそれぞれ異なる)という予測ルールとなっている。さらに、図4(b)における高周波領域のエリアa9には、図5に示すように低周波領域のエリアa3をコピーする(矢印の向きは異なる)ことが示されており、また、図4(b)における高周波領域のエリアa10には、図5に示すように低周波領域のエリアa3をそのままコピーする(矢印の向きも同じ)ということが示されている。

【0059】ここで、図5において、高周波領域の各エリアの予測周波数成分の矢印と、低周波領域に対応するエリア内の予測周波数成分の矢印の方向が異なっているものがある。たとえば、高周波領域のエリアa6は、低周波エリアa2をコピーすることが示されたいが、エリアa6の矢印の向きは、エリアa2の矢印の向きと異なっている。これは図6のように軸Xまたは軸Yまたは交点Zを中心に折り返しをすることを意味する。以下、これについて説明する。

【0060】例えば、低周波領域に存在する或る1つのエリア(ここではエリアa2を例に取る)が図6に示すように、4つの周波数成分b1からb4により構成されているものとする。また、このエリアa2の周波数分布の方向を示す矢印は、図5で示したように、低周波方向は図示左上方向へ、また、高周波方向は右下方向へ向かっている。そして、図5に示す予測ルール例によれば、図4(b)におけるエリアa6は、低周波領域におけるエリアa2をコピーすることを示し、その周波数分布を示す矢印の向きは、低周波方向を示す矢印は右上方向、高周波方向を示す矢印は左下方向であることを示している。これは、低周波領域におけるエリアa2を軸Xを中心に折り返すことを意味している。

【0061】よって、図4(b)における高周波領域のエリアa6は、低周波領域におけるエリアa2を軸Xを中心に折り返したものとなる。このときのエリアa6内の周波数成分b1、b2、b3、b4も、エリアa2内の周波数成分b1、b2、b3、b4を軸Xを中心に折り返した位置となる。

【0062】また、図5に示す予測ルール例によれば、

図4(b)におけるエリアa7は、低周波領域におけるエリアa2をコピーすることを示し、その周波数分布を示す矢印の向きは、低周波方向を示す矢印は右下方向、高周波方向を示す矢印は左上方向であることを示している。これは、低周波領域におけるエリアa2を軸Xと軸Yの交点Zを中心に折り返すことを意味している。

【0063】よって、図4(b)における高周波領域のエリアa7は、低周波領域におけるエリアa2を交点Zを中心に折り返したものとなる。このときのエリアa7内の周波数成分b1、b2、b3、b4も、エリアa2内の周波数成分b1、b2、b3、b4を交点Zを中心に折り返した位置となる。

【0064】また、図5に示す予測ルール例によれば、図4(b)におけるエリアa8は、低周波領域におけるエリアa2をコピーすることを示し、その周波数分布を示す矢印の向きは、低周波方向を示す矢印は左下方向、高周波方向を示す矢印は右上方向であることを示している。これは、低周波領域におけるエリアa2を軸Yを中心に折り返すことを意味している。

【0065】よって、図4(b)における高周波領域のエリアa8は、低周波領域におけるエリアa2を軸Yを中心に折り返したものとなる。このときのエリアa8内の周波数成分b1、b2、b3、b4も、エリアa2内の周波数成分b1、b2、b3、b4を軸Yを中心に折り返した位置となる。

【0066】このように、各エリアの相関から求めた予測ルールに基づいて周波領域のエリアを高周波領域の各エリアにコピーする。なお、図5は予測ルールの一例を示している。

【0067】ところで、周波数の電力分布は一般に周波数fの逆数、すなわち、ほぼ $1/f$ となる。また、電力は各周波数の振幅の2乗に比例する。よって、低周波領域のエリアを高周波領域にコピーする際に、係数を掛けて補正を行なった後にコピーするとよい。例えば、図4

(b)を例にすると、周波数は、左上のP1点を原点として、そこからの距離に比例すると考えてよい。よって、仮にエリアa0の周波数を「1」とすると、エリアa1は「2」、エリアa4は「3」、エリアa5は「4」となる。エリアa1とエリアa5の関係をみるとエリアa1とエリアa5の電力の比は $1/2 : 1/4 = 2 : 1$ となり、振幅の比で考えると $2 \times 2 : 1 \times 1 = 4 : 1$ となる。よって、a5の位置にa1をコピーする際には、 $1/4$ を掛けた後にコピーする。高周波領域の他のエリアにコピーする際も、振幅比を考慮して係数を掛けた後にコピーする。

【0068】周波数の電力分布は一般に周波数fの逆数となることから、図4(b)のP1点の部分から遠い位置にある高周波領域のエリア、例えばエリアa11等にデータを埋めたとしても、画像を鮮明にする効果は低い。よって、図4(b)の高周波領域のうち、低周波領

域に近い領域（たとえば、薄い網点で示すエリア a 4～a 10）に対してのみ低周波領域 L のエリアをコピーする処理としてもよい。

【0069】なお、図5は前記したように予測ルールの1例を示すものであり、これに限られるものではない。よって、分割するエリアのサイズも図5の  $N/2 \times N/2$  に制限されるものではなく、拡大率  $\alpha$  も2倍に制限されるものではない。予測ルールにおいて重要なことは、事前に調査した低周波領域のエリアと高周波領域のエリアとの相関を調査し作成する点にある。なお、ここで言う予測ルールとは、コピー位置、折り返し方法に関する情報のほかコピーする際の係数を含んだものをいう。

【0070】以上説明した高周波領域予測部12における処理の流れを図7にまとめる。図7において、始めに、拡大率に応じた周波数領域を準備する（ステップs11）。例えば、拡大率が  $\alpha$  で1つのブロックサイズが  $N \times N$  画素の場合には、原画像から直交変換を用いて  $\alpha N \times \alpha N$  の大きさの周波数領域を準備する。

【0071】準備した周波数領域の低周波領域に図4(b)のように直交変換部11で変換した結果をコピーする（ステップs12）。

【0072】そして、周波数領域を幾つかのエリア（たとえば、1つのエリアが前記したように  $N/2 \times N/2$  画素で構成される）に分割し（ステップs13）、予め用意した予測ルールに基づき、低周波領域のエリアを必要に応じて折り返し、係数を掛けた後に高周波領域のエ \*

$$f_{mn} = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u)c(v) F_{uv} \cos \left\{ \frac{(2m+1)u\pi}{2M} \right\} \cos \left\{ \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \right\} \dots [3]$$

$$\cdot \text{ここで、} \begin{pmatrix} \{0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1\} \\ c(k) = \frac{1}{\sqrt{2}} & k=0 \text{ のとき} \\ c(k) = 1 & k \neq 0 \text{ のとき} \end{pmatrix}$$

【0076】ここで、どの変換方法が最もよいかということが問題となる。高周波成分を埋めることによる画質への影響という観点からとらえると、高周波領域に対する予測処理を行ったのち、実領域へ変換されたあとに、その実領域の画質に対してより大きく影響を与える（鮮明な画像に変換できる）方法が望ましいといえる。すなわち、低周波への電力集中が低い変換方法がよいということになる。なぜならば、低周波への電力集中が低ければ、高周波領域の電力が大きくなり、高周波領域に対して予測ルールに基づいた周波数成分を補間することで、その補間した周波数成分の影響が画質に大きく現れるからである。このような観点から変換方法を選択すると、DCT変換、スラント変換等は低周波への電力集中が比較的大きく、これに対して、アダマール変換、ハール変換などのように、矩形波を基底ベクトルとした変換方法はDCT変換、スラント変換などに比べると低周波への※50

\* リアにコピーする（ステップs14）。

【0073】以上のようにして、高周波領域予測部12の処理が行われる。高周波領域予測部12により、以上のような処理が行われることにより、拡大後の画像は高周波成分を含む画像となるので、従来の高周波領域にゼロをうめて拡大を行なう方法に比べ、鮮明な画像を得ることができる。また、従来例で説明した画像を直行変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法（特開平6-54172）のように、直交変換を繰り返す必要がないので、高速な高周波予測が可能となる。

【0074】次に、逆直交変換部13について説明する。逆直交変換部13は高周波領域予測部12にて処理された周波数領域を実領域へと逆変換を行う処理をする。逆直交変換方法は、直交変換部11での直交変換方法と同じ種類の変換方法を用いて行なう。すなわち、直交変換部11でDCT変換を用いた場合は逆DCT変換、直交変換部11でアダマール変換を用いた場合は逆アダマール変換とする。一例として、 $M \times N$  のブロックサイズの逆DCT変換式を〔3〕式に示す。なお、アダマール変換の場合は、周波数領域への変換も実領域への変換も〔2〕式により実現できる。すなわち、アダマール変換は正変換、逆変換とも同じ方法により実現できる。

【0075】

〔数3〕

※電力集中が小さい。よって、矩形波を基底ベクトルとしたアダマール変換、ハール変換等がよいことになる。

【0077】次に処理速度という観点からとらえてみる。代表例として、DCT変換とアダマール変換との比較を行なう。ブロックサイズが  $N \times 1$ 、すなわち1次元の処理を行う場合のWan gの高速DCT変換(Z. Wan g, "Fast Algorithms for the Discrete W Transform and for the Discrete Fourier Transform", IEEE Tr. A SSP-32, pp. 803-816, 1984)における演算量を〔4〕式に、高速アダマール変換(W. K. Pratt, J. Kane, H. C. Andrews, "Hadamard transform image coding", Proc. IEEE, vol. 57, pp. 58-68, Jan. 1969)における演算量を〔5〕式に示す。

【0078】

〔数4〕

$$\left. \begin{aligned} \text{乗算回数} &= \frac{N}{4}(3\log_2 N + 2) \\ \text{加算回数} &= \frac{N}{4}(7\log_2 N - 2) \end{aligned} \right\} \dots [4]$$

【0079】

【数5】

$$\left. \begin{aligned} \text{乗算回数} &= 0 \\ \text{加算回数} &= N\log_2 N \end{aligned} \right\} \dots [5]$$

【0080】この式から明らかなように、アダマール変換においては、演算時間のかかる乗算を含まず、回路規模も小さくすることができる。また、加算の回数のみを比べても、 $N=4$ の場合、DCTの演算量の演算量は〔4〕式から「12」であり、アダマール変換の演算量は〔5〕式から「8」である。また、 $N=8$ では、DCTの演算量の演算量は「38」、アダマール変換の演算量は「24」となる。よって、アダマール変換の方が演算量は少ない。さらに、アダマール変換は、前記したように、正変換と逆変換の形が同じため、DCT変換のように正変換用と逆変換用に別の回路を準備する必要がない。よって、回路規模、処理速度の点においても、アダマール変換等が優位となる。

【0081】以上により、矩形波を基底ベクトルとしたアダマール変換、ハール変換等が前記処理において適した処理ということができる。

【0082】以上の方法によって、画像の拡大処理を行なうことにより、高周波成分を含む画像が得られるので、従来の高周波領域にゼロをうめて拡大を行なう方法に比べ、鮮明な画像を得ることができる。また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法（特開平6-54172）のように、直交変換を繰り返す必用がないので、高速な高周波予測が可能となる。

【0083】さらに、直交変換手段として、矩形波を基底ベクトルとしたアダマール変換を用いれば、加算のみの演算で実現でき、また、直交変換方法と逆直交変換方法が同一であることから、従来広く用いられていたDCT変換に比べ、小さな回路規模で実現でき、かつ高速な処理が実現できる。さらに、DCTに比べ、低周波領域への電力集中が小さいことから高周波の情報の影響がより大きなものとなり、高周波を埋めることで画像をより鮮明でき、画質改善効果が大きく現れることになる。

【0084】（第2の実施例）次に本発明の第2の実施例について説明する。第2の実施例を説明するに際して、まず始めに、解像度と画像のエッジ部分の関係を図8を用いて説明する。図8（a）は画像の或る走査ラインにおけるアナログ的な輝度変化を示した図であり、画像のエッジ部分Eで輝度が $L_1$ から $L_2$ に変化している。図8（b）は図8（a）をサンプル間隔の短い（高解像度の）サンプル信号Aによりそのサンプル信号に対

応した位置でサンプリングを行い、デジタル化（量子化）したときの輝度変化を示したものである。図8（b）のようにサンプルポイントが多い場合、すなわち、解像度が高い場合にはエッジ部分が比較的良好に再現されたものとなる。しかし、図8（a）を図8（c）のように、サンプル間隔の長い（低解像度の）サンプル信号Bでサンプリングをした場合、すなわち、解像度の低い場合には、デジタル化するとエッジ部分の広がった（なまった）画像となってしまふ。また、エッジ部分がなまるということは、高周波データが落ちてしまっているということになる。

【0085】ところで、前記した第1の実施例において、鮮明な画質を得られるのは、たとえば、図4（a）のエリアa1～a3にデータが含まれている場合である。すなわち、第1の実施例では、予め用意した予測ルールに基づいて、エリアa1～a3のデータを拡大後の高周波領域の各エリアに埋めて行くという処理を行うものである。したがって、図4（a）のエリアa1～a3の位置のデータがゼロに近い場合には、拡大後の高周波領域に埋められる値はほぼゼロになり、高周波領域の予測を行っていない場合と同じになる。よって、前記したようなエッジ部分がなまった低解像度の画像では、第1の実施例を用いて画像の拡大処理を行なっても鮮明な画像を得ることができない。例えば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャーして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像等においては解像度が低いため、エッジ部分がぼやけ、結果として高周波成分が落ちている。そのため、第1の実施例により画像の拡大処理を行なっても鮮明な画像を得ることができない。

【0086】そこで、低解像度の画像データに対しても鮮明な画像データが得られるような画像処理方法および装置について以下に説明する。

【0087】ここで、最も問題となるのは、高周波に関するデータが欠落してしまっているという点にある。そこで、擬似的に拡大の対象となる原画像に高周波データを加えたのちに、第1の実施例による拡大処理を行うことにより、鮮明な画像を得られるようにする。

【0088】具体的には、拡大の対象となる原画像に対して、一般的に用いられているエッジ強調手段によりエッジ強調を行うことにより、擬似的に拡大の対象となる原画像に高周波データを加える。エッジ強調を行なうと、図8（c）は、図8（d）のようになり、エッジ部分Eにおける輝度差が大きくなることより画像のエッジ部が明瞭になる。また、これを周波数領域でみると、図4（a）におけるa1～a3の範囲の成分の絶対値が大きくなることになる。よって、高周波領域予測部12に

において、高周波領域にある程度大きな値を埋められることとなり、拡大処理により鮮明な画像を得ることができる。

【0089】これを実現するための手段としては、図9に示すように、拡大処理部20は前記実施例1で説明した直交変換部11、高周波領域予測部12、逆直交変換部13の他に、エッジ強調部21を設ける。図9において、エッジ強調部21以外の他の部分は図1と同じであり、同一部分には同一符号が付されている。なお、このエッジ強調部21は従来から一般的に用いられているものであるため、ここではその詳細な処理動作等については省略する。

【0090】図10はエッジ強調フィルタの一例を示すもので、同図(a)は、エッジが水平方向、垂直方向および45度方向に存在する場合のエッジ強調が可能なフィルタであり、同図(b)はエッジが水平方向、垂直方向に存在する場合のエッジ強調が可能なフィルタである。たとえば、図11に示すように、各画素G0、G1、・・・、G8の画素値(この場合、輝度)がc0、c1、・・・、c8である画像データがあつて、この画像データを図10(a)のようなフィルタを用いて、画素G0のエッジ強調処理を行うと、当該画素G0におけるエッジ強調後の画素値C0は〔6〕式ようになる。

【0091】

【数6】

$$C0 = 9c0 - \sum_{i=1}^8 ci \quad \dots \quad [6]$$

【0092】このようにしてエッジ強調が行われる。図12は第2の実施例の全体的な処理を説明するフローチャートであり、このフローチャートに沿って処理手順を説明する。まず、実領域の画像データにおいて前記したようにエッジ強調処理を行い(ステップs21)、次に、前記第1の実施例で説明したと同様、図3(a)のように原画像をある大きさ、例えばN×N画素の大きさに分割したものを1つのブロックとし、そのN×N画素のブロックを1つの単位として、直交変換部11により実領域から周波数領域へ変換を行うために直交変換を行う(ステップs22)。そして、高周波領域予測部12により拡大率に応じた周波数領域を用意するとともに高周波成分の予測を行う(ステップs23)。ここで拡大率をαとすると、αN×αNの大きさの周波数領域が用意されることになる。

【0093】次に、逆直交変換部13により高周波領域予測部12で用意されたαN×αNの大きさの周波数領域を実領域へ逆直交変換を行い、1つのブロックの処理が終了する(ステップs24)。この処理によりαN×αNの画像が得られ、結果としてα倍に拡大された拡大画像を得ることになる。そして、分割された全ブロックの処理が終了しているか否かの判断を行い、全ブロック

の処理が終了していなければ、次のブロックの処理を行ない、全ブロックの処理が終了していれば、処理を終了する(ステップs25)。

【0094】このように、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理に対しては、原画像に対して、エッジ強調を施し、疑似的に高周波成分を加えることにより、図4(a)におけるエリアa1、a2、a3の成分の絶対値を大きくすることができる。これにより、高周波領域予測部12において、高周波領域にある程度大きな値を埋められることになり、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像を得ることができる。

【0095】(第3の実施例)次に本発明の第3の実施例について説明する。この第3の実施例を説明するに際して、直交変換および逆直交変換の演算量について説明する。

【0096】N画素×1の1次元のブロックに対する直交変換と逆直交変換の演算量は、アダマール変換を用いた場合には、その演算回数は〔5〕式ようになる。よって、N=4とすると、拡大率αが2倍の場合の演算量は、正変換の場合が8(=4×log<sub>2</sub>4)となり、逆変換の場合はNは2倍に拡大されてN=8となっているので、24(=8×log<sub>2</sub>8)となる。また、拡大率αが4倍の場合の演算量は、正変換が8、逆変換が64となる。すなわち、拡大率があまり大きくない場合には問題ないが、拡大率αが大きいと正変換の演算量に対し、逆変換の演算量が(αN)にほぼ比例して増えることになる。ここでは1次元の処理の場合で説明したが、実際には2次元の処理となり、その演算数は(αN)の3乗にほぼ比例して増えることになる。DCT変換の場合にも同様のことがいえる。よって、拡大率が大きい場合には第1の実施例あるいは第2の実施例に示す拡大処理は、処理時間という点において問題が生じることになる。また、大きな拡大率にも対応するとすると、逆直交変換部13の回路規模が大きくなるという問題もある。同様なことが、従来例で示した周波数領域による拡大方法(特開平2-76472、特開平5-167920、特開平6-54172等)においてもいえる。

【0097】また、アダマール変換を用いる場合、変換マトリックスのサイズが基数2に制限されるので、基数2以外の拡大率に対応できない。DCT変換は基数2に制限されないが、実用で使われる高速のDCT変換は通常基数2に制限される。

【0098】そこで、第3の実施例では、拡大率が大きい場合にも適応でき、基数2に規定されず、かつ、鮮明な拡大処理を得られるようにするために、2つの拡大処理部を用意する。すなわち、前記第1の実施例にて説明した拡大処理部10または第2の実施例にて説明した拡大処理部20のいずれかの拡大処理部(これを第1の拡大

大処理部という)と、前記従来の技術の項で説明した線形補間法やニアレストネイバー法などの実領域での拡大処理である拡大処理部(これを第2の拡大処理部という)を設ける。これにより、各拡大方法の欠点を補完しあい、比較的高速で良好な拡大画像を得るようにしたものである。以下、この第3の実施例について説明する。

【0099】図13は第3の実施例を実現するための構成図であり、図13(a)は第1の拡大処理部30として、第1の実施例の説明で使用した図1の拡大処理部10が用いられた例、同図(b)は第1の拡大処理部30として、第2の実施例の説明で使用した図9の拡大処理部20が用いられた例を示している。なお、図13において、図1および図9と同一部分には同一符号が付されている。また、図13において、31は第2の拡大処理部であり、この第2の拡大処理部31は従来の技術の項で説明した線形補間法やニアレストネイバー法などの実領域での拡大処理部である。

【0100】第1の拡大処理部30は、高周波領域予測部12により、拡大後の画像を高周波成分を含む画像とすることができ、従来の高周波領域にゼロをうめて拡大を行なう方法に比べ、鮮明な画像を得ることができる拡大処理部である。また、第1の拡大処理部として、第2の実施例で説明した拡大処理部20を用いることにより、原画像に対して、エッジ強調が施され、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像をえることができる。

【0101】しかし、この第1の拡大処理部30は、前記したように、拡大率( $\alpha$ )が大きいと処理時間の点で多少問題がある。

【0102】そこで、この第1の拡大処理部30により\*

$$e_0 = \left( \frac{1}{d_1} e_1 + \frac{1}{d_2} e_2 + \frac{1}{d_3} e_3 + \frac{1}{d_4} e_4 \right) / \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} + \frac{1}{d_4} \right) \cdots (7)$$

【0106】さらに、補間画素とサンプル画素との距離計算を容易にすべく、図15(b)に示すように、距離を縦方向(垂直方向)と横方向(水平方向)の距離 $d_1, d_2, d_3$ で代用し、〔8〕式のように計算する方法もある。なお、〔8〕式において、たとえば、 $\min(d$  ※

$$e_0 = \frac{\left( \frac{1}{\min(d_4, d_1)} e_1 + \frac{1}{\min(d_1, d_2)} e_2 + \frac{1}{\min(d_2, d_3)} e_3 + \frac{1}{\min(d_3, d_4)} e_4 \right)}{\left( \frac{1}{\min(d_4, d_1)} + \frac{1}{\min(d_1, d_2)} + \frac{1}{\min(d_2, d_3)} + \frac{1}{\min(d_3, d_4)} \right)} \cdots (8)$$

【0108】また、実領域での別の拡大方法としての前記ニアレストネイバ法は、図15(a)において距離 $d_1 \sim d_4$ のうち、もつとも距離の短い位置のサンプル画素を補間画素とする方法である。さらに、別の方法として、補間関数に3次元関数を用いたキュービックコンボリューション法等があるがいずれの方法を用いてもよい。

【0109】以上説明したように、第3の実施例では、第1、第2の2段の拡大処理部を設け、第1の拡大処理部30を第1の実施例で説明した拡大処理部10または

\* 原画像を $\beta$ 倍まで拡大する。なお、 $\beta$ は処理時間を考慮すると2~4の範囲が好ましい。すなわち、第1の拡大処理部30では処理時間があまり長くない程度の拡大を行う。そして、この第1の拡大処理部30にて拡大された後の画像(実領域)を第2の拡大処理部31にて、実領域での拡大処理である線形補間法あるいはニアレストネイバ法などを用いて、 $\alpha/\beta$ 倍に拡大する。たとえば、最終的に $\alpha$ 倍(ここでは、 $\alpha=8$ とする)の画像を得るには、第1の拡大処理部30における拡大率 $\beta$ を $\beta=2$ とし、この第1の拡大処理部30にて2倍の拡大画像を得て、その後、第2の拡大処理部31によって、 $\alpha/\beta$ 倍( $8/2=4$ 倍)する。これにより、最終的には、 $\alpha(=8)$ 倍の拡大画像が得られる。

【0103】図14は以上の処理を概略的に示すフローチャートであり、ステップs31にて第1の拡大処理部30により $\beta$ 倍の拡大を行い、ステップs32にて第2の拡大処理部31により $\alpha/\beta$ 倍の拡大を行う。そして、ステップs33にて全てのブロックについて処理が終了したか否かを判断して、全てのブロックの処理が終了していなければステップs31に処理が戻り、全てのブロックの処理が終了していれば処理を終了する。

【0104】ところで、前記した線形補間は、図15(a)に示す補間画素(網目を施した円) $e_0$ の近傍に存在するサンプル画素(第1の拡大処理部30により得られた画素で白い円 $e_1, e_2, e_3, e_4$ で表す)との距離 $d_1, d_2, d_3, d_4$ の比を用いて、〔7〕式のように計算される。

【0105】

【数7】

※4、 $d_1$ )は、括弧内の $d_4, d_1$ のうち小さいほうの値を選択する関数である。

【0107】

【数8】

第2の実施例で説明した拡大処理部20とし、この第1の拡大処理部30にて拡大率を抑えて(2から4倍程度)拡大処理し、その拡大処理した画像を第2の拡大処理部31(線形補間法あるいはニアレストネイバ法など)により、さらに拡大処理するようにしたので、高速にかつ大きな拡大率にも適応可能となる。

【0110】また、正変換、逆変換が基数2に制限される変換方法であっても、第2の拡大処理部31は拡大率に制限がないため、どのような拡大率にも対応できる。

さらに、第2の拡大処理部31は縮小においてもそのまま適応できるため、たとえ正変換、逆変換が基数2に制限される変換方法であっても、拡大率 $\alpha$ が2倍以下（1～2の範囲）である場合には、始めに第1の拡大処理部30で2倍に拡大し、第2の拡大処理部31で0.5～1倍に縮小することにより、1以上のいずれの拡大処理（たとえば、1.5倍など）にも適応できる。

【0111】さらに、第1の拡大処理部30は、周波数領域での拡大処理が行われるため高周波情報が付加されるため、たとえ第2の拡大処理部31でLPF（low pass filter）的な効果を含む実領域での拡大処理を行なったとしても、処理対象となる画像全体を実領域での拡大方法を用いた拡大画像に比べ、より鮮明な拡大画像を得ることができる。

【0112】（第4の実施例）次に本発明の第4の実施例について説明する。

【0113】カラー画像は、R（レッド）・G（グリーン）・B（ブルー）あるいはY（イエロ）・M（マゼンタ）・C（シアン）・K（ブラック）等のカラープレーンによって構成される。よって、カラー画像を拡大する場合には、各カラープレーン毎に拡大処理を行なう必要があるため、モノクロの画像を拡大する場合に比べ3～4倍の処理時間がかかる。前記第1、第2あるいは第3の実施例に示す周波数領域による拡大処理は〔4〕式あるいは〔5〕式に示すようにかなりの演算を必要とすることから、線形補完法、ニアレストネイバ法等の実領域での拡大処理に比べ処理時間がかかる。よって、各カラープレーンに対して、第1、第2あるいは第3の実施例に示す周波数領域での拡大処理を行なうとすると、処理時間において問題が生じる。

【0114】ところで、高周波情報は、主に輝度変化により得られる。ここでカラー画像を処理する場合、各カラープレーンの輝度の情報量は様ではない。例えば、RGBのカラープレーンで構成されるカラー画像の輝度情報量は、Rが0.3、Gが0.6、Bが0.1となる。よって、輝度情報が多いプレーンにおいて鮮明な画像が得られれば、たとえ、輝度情報が少ないプレーンから鮮明な画像が得られなくても、全体としては鮮明な画像を得ることができる。なお、以下ではRGBカラープレーンを例にして説明する。

【0115】そこで、この第4の実施例では、前記各カラープレーンのうち、輝度情報の大きいG（およびR）のカラープレーンに対しては、第1、第2あるいは第3の実施例に示す鮮明な拡大画像が得られる周波数領域での拡大処理を行い、輝度情報の小さいB（およびR）のカラープレーンに対しては、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の早い拡大方法により拡大処理を行なう。ここで、Rはその輝度情報から見てどちらの拡大処理方法でもよい。

【0116】このような処理を行うことにより、全体と

して処理時間の早い、鮮明な画像を得ることができる。

【0117】図16は第4の実施例を実現するための構成図である。図16において、画像処理装置1内には周波数領域拡大処理部40、実領域拡大処理部41、画像合成部42が設けられている。また、図16において、14は各処理部を接続するためのバス、15は画像入力装置である。図16（a）は前記周波数領域拡大処理部40として、第1の実施例にて説明した拡大処理部10を使用した場合の構成図、同図（b）は周波数領域拡大処理部40として、第2の実施例にて説明した拡大処理部20を使用した場合の構成図、同図（c）は周波数領域拡大処理部40として、第3の実施例で説明した拡大処理部（この第3の実施例の場合は、第1の拡大処理部30および第2の拡大処理部31から成る）を使用した場合の構成図である。また、図16において、実領域拡大処理部41は従来の技術の項で説明した線形補完法やニアレストネイバ法などの実領域での拡大処理部である。なお、図16においては、図面が繁雑とならないように、周波数領域拡大処理部40として用いられる第1～第3の実施例における各拡大処理部内の直交変換部11や高周波予測部12などの構成要素は図示を省略している。

【0118】前記周波数領域拡大処理部40は、輝度情報の多いカラープレーン（ここでは、Gのみとする）に対して、第1、第2の実施例に示す周波数領域での拡大処理により拡大処理を行なう。これに対して、実領域拡大処理部41は、輝度情報の少ないカラープレーン（ここでは、R、B）に対して、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の早い実領域での拡大方法により拡大処理を行なう。

【0119】画像合成部42は、周波数領域拡大処理部40および実領域拡大処理部41より得られる各カラープレーンの拡大画像を合成し、本来の拡大画像を得る処理を行う。

【0120】このような構成において、その概略的な処理を図17のフローチャートを参照して説明する。図17において、カラープレーンGに対しては周波数領域拡大処理部40により拡大処理を行い（ステップs41）、カラープレーンR、Bに対しては実領域拡大処理部41により拡大処理を行う（ステップs42）。なお、これらの処理は、ハードウェア的には並列処理が可能となる。次に、周波数領域拡大処理部40および実領域拡大処理部41より得られる各カラープレーンの拡大画像を画像合成部42により合成し（ステップs43）、すべてのブロックについて処理が終了したか否かを判断して（ステップs44）、処理が終了していなければ、ステップs41、42に処理が戻り、すべてのブロックについて処理が終了していれば、処理を終了する。

【0121】前記した一連の処理を図式化したものが図



18である。図18において、同図(a)に示すような $N \times N$ 画素で構成されるカラープレーンR, G, Bのブロック201、202、203をそれぞれ対応した拡大方法を用いて、同図(b)に示すように、 $\alpha$ 倍に拡大する。このとき、カラープレーンGのブロック202については、周波数領域拡大処理を用いて $\alpha$ 倍に拡大し、カラープレーンR, Bのブロック201、203については、実領域拡大処理を用いて $\alpha$ 倍に拡大する。このように $\alpha$ 倍に拡大された画像(実領域)は画像合成手段42により、同図(c)に示すように合成され、拡大されたカラー画像が得られる。

【0122】以上説明したように、第4の実施例では、各カラープレーンの輝度に関する情報量の違いを考慮し、輝度情報の大きいカラープレーンに対しては、第1、第2の実施例で示した鮮明な拡大画像が得られる周波数領域での拡大処理を行い、輝度情報の小さいカラープレーンに対しては、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の速い拡大方法により拡大処理を行なうことにより、全体として処理時間の高速化が図れ、しかも鮮明な画像を得ることができる。

#### 【0123】

【発明の効果】本発明の画像処理方法は、請求項1によれば、原画像を周波数領域に変換するために原画像の直交変換を行い、拡大率に応じた周波数領域を準備し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしたので、拡大後の画像は高周波成分を含んだ画像となり、従来の高周波領域にゼロをうめて拡大を行なう方法に比べ、鮮明な画像を得ることができる。また、画像を直行変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法(たとえば特開平6-54172)のように、直交変換を繰り返す必要がないので、高速な高周波予測が可能となる。

【0124】また、請求項2によれば、請求項1において、原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像をえることができる。

【0125】また、請求項3によれば、第1の拡大処理工程と第2の拡大処理工程を有し、前記第1の拡大処理

工程により、前記原画像を周波数領域に変換して、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、前記第2の拡大処理工程により、前記 $\beta$ 倍に拡大された原画像を、実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。つまり、第1の拡大処理工程では拡大率を抑えて(2から4倍程度)拡大処理し、その拡大処理した画像を第2の拡大処理工程(線形補完法あるいはニアレストネイバ法などによる)によりさらに拡大処理するようにしたので、鮮明な拡大画像が得られ、しかも、高速な処理が可能となり、かつ大きな拡大率にも適応可能となる。また、正変換、逆変換の際、変換後のマトリクスサイズの基数が2に制限される変換方法であっても、第2の変換処理部は拡大率に制限がないため、どのような拡大率にも対応できる。さらに、第2の変換処理工程は縮小においてもそのまま適応できるため、たとえ正変換、逆変換が基数2に制限される変換方法であっても、拡大率 $\alpha$ が2倍以下(1~2の範囲)である場合には、始めに第1の拡大処理工程で2倍に拡大し、第2の拡大処理工程で0.5~1倍に縮小することにより、1以上のいずれの拡大処理にも適応できる。

【0126】また、請求項4によれば、請求項3において、前記第1の拡大処理工程は、原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像を得ることができる。

【0127】また、請求項5によれば、入力画像がカラー画像である場合、各カラープレーンの輝度に関する情報量の違いを考慮し、輝度情報の大きいカラープレーンに対しては、鮮明な拡大画像が得られる周波数領域での拡大処理を行い、輝度情報の小さいカラープレーンに対しては、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の速い実領域による拡大方法により拡大処理を行なうことにより、全体として処理時間の高速化が図れ、しかも鮮明な画像を得ることができる。

【0128】また、請求項6によれば、請求項5において、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調工程を有し、このエッジ強調工程によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成

分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像を得ることができる。

【0129】また、請求項7によれば、請求項5において、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理工程は、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この $\beta$ 倍に拡大された原画像を、実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。つまり、周波数領域による拡大処理工程では拡大率を抑えて（2から4倍程度）拡大処理し、その拡大処理した画像を、線形補間法あるいはニアレストネイバ法などの実領域による拡大方法を用いて、さらに拡大処理するようにしたので、鮮明な拡大画像が得られ、しかも、高速な処理が可能となり、かつ大きな拡大率にも適応可能となる。また、正変換、逆変換の際、変換後のマトリクスサイズの基数が2に制限される変換方法であっても、第2の変換処理部は拡大率に制限がないため、どのような拡大率にも対応できる。さらに、実領域による拡大処理工程は縮小においてもそのまま適応できるため、たとえ正変換、逆変換が基数2に制限される変換方法であっても、拡大率 $\alpha$ が2倍以下（1～2の範囲）である場合には、始めに周波数領域による拡大処理工程で2倍に拡大し、実領域による拡大処理部で0.5～1倍に縮小することにより、1以上のいずれの拡大処理にも適応できる。

【0130】また、請求項8によれば、請求項1、3、5における予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を分割し、分割した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周波数成分との相関関係をもとに求めるようにしたので、拡大後の高周波成分の復元を簡単にかつ高精度に行うことができ、これにより、全体的な処理の高速化が図れ、なおかつ、鮮明な拡大画像を得ることができる。

【0131】また、請求項9によれば、請求項1、3、5における高周波領域予測工程は、前記直交変換工程により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換工程により直行変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なうようにしたので、拡大後の高周波成分の復元を簡単にかつ高精度に行うことができ、これにより、全体的な処理の高速化が図れ、なおかつ、鮮明な拡大画像を得ることができる。

【0132】また、請求項10によれば、請求項1、3、5における直交変換工程および逆直交変換工程は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いている。これら矩形波を基底ベクトルとした直交

変換および逆直交変換は、低周波領域への電力集中が小さいことから、高周波の情報の影響がより大きなものとなり、高周波成分を埋めることによる画像の鮮明度をより大きくすることができ、画質改善効果を極めて大きなものとすることができる。

【0133】また、本発明の画像処理装置は、請求項11によれば、原画像を周波数領域に変換するために原画像の直交変換を行い、拡大率に応じた周波数領域を準備し、この周波数領域における低周波領域には前記直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元するとともに、前記拡大率に応じて準備された周波数領域における高周波領域には、予め準備された予測ルールに基づいて得られる周波数情報を復元して拡大後の周波数領域の画像データを得たのち、この拡大後の周波数領域の画像データを逆直交変換を行い、原画像に対して所定倍の拡大画像を得るようにしたので、拡大後の画像は高周波成分を含んだ画像となり、従来の高周波領域にゼロをうめて拡大を行なう方法に比べ、鮮明な画像を得ることができる。また、画像を直交変換を用いて正変換と逆変換を繰り返す過程で、高周波成分の復元をする方法（たとえば特開平6-54172）のように、直交変換を繰り返す必要がないので、高速な高周波予測が可能となる。

【0134】また、請求項12によれば、請求項11において、原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像をえることができる。

【0135】また、請求項13によれば、第1の拡大処理手段と第2の拡大処理手段を有し、前記第1の拡大処理手段により、前記原画像を周波数領域に変換して、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、前記第2の拡大処理手段により、前記 $\beta$ 倍に拡大された原画像を、実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。つまり、第1の拡大処理手段では拡大率を抑えて（2から4倍程度）拡大処理し、その拡大処理した画像を第2の拡大処理手段（線形補間法あるいはニアレストネイバ法などによる）によりさらに拡大処理するようにしたので、鮮明な拡大画像が得られ、しかも、高速な処理が可能となり、かつ大きな拡大率にも適応可能となる。また、正変換、逆変換の際、変換後のマトリクスサイズの基数が2に制限される変換方法であっても、第2の変換処理部は拡大率に制限がないため、どのような拡大率にも対応できる。さらに、第2の変換処理手段は縮小においてもそのまま適応できるため、たとえ正変換、逆変換が基数

2に制限される変換方法であっても、拡大率 $\alpha$ が2倍以下（1～2の範囲）である場合には、始めに第1の拡大処理手段で2倍に拡大し、第2の拡大処理手段で0.5～1倍に縮小することにより、1以上のいずれの拡大処理にも適応できる。

【0136】また、請求項14によれば、請求項13において、前記第1の拡大処理手段は、原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像をえることができる。

【0137】また、請求項15によれば、入力画像がカラー画像である場合、各カラープレーンの輝度に関する情報量の違いを考慮し、輝度情報の大きいカラープレーンに対しては、鮮明な拡大画像が得られる周波数領域での拡大処理を行い、輝度情報の小さいカラープレーンに対しては、線形補完法、ニアレストネイバ法等の処理時間の速い実領域による拡大方法により拡大処理を行なうことにより、全体として処理時間の高速化が図れ、しかも鮮明な画像を得ることができる。

【0138】また、請求項16によれば、請求項15において、輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、前記原画像のエッジ部分を強調するエッジ強調手段を有し、このエッジ強調手段によりエッジ強調された原画像を用いて拡大処理を行うようにしたので、たとえば、テレビ信号であるNTSC信号をキャプチャして得られた画像やデジタルスチールカメラで得られた画像などの解像度の低い画像の拡大処理を行う際、原画像に対して、エッジ強調を施すことにより、疑似的に高周波成分が加えられるので、低解像度の画像を拡大処理した場合でも鮮明な画像を得ることができる。

【0139】また、請求項17によれば、請求項15において、前記輝度情報の大きいカラープレーン用の拡大処理手段は、 $\beta$ 倍に拡大された原画像の拡大画像を得て、この $\beta$ 倍に拡大された原画像を、実領域での拡大方法を用いて $\alpha/\beta$ 倍し、最終的に、原画像に対して $\alpha$ 倍の拡大画像を得るようにしている。つまり、周波数領域による拡大処理手段では拡大率を抑えて（2から4倍程度）拡大処理し、その拡大処理した画像を、線形補間法あるいはニアレストネイバ法などの実領域による拡大手段を用いて、さらに拡大処理するようにしたので、鮮明な拡大画像が得られ、しかも、高速な処理が可能となり、かつ大きな拡大率にも適応可能となる。また、正変換、逆変換の際、変換後のマトリクスサイズの基数が2に制限される変換方法であっても、第2の変換処理部は

拡大率に制限がないため、どのような拡大率にも対応できる。さらに、実領域による拡大処理手段は縮小においてもそのまま適応できるため、たとえ正変換、逆変換が基数2に制限される変換方法であっても、拡大率 $\alpha$ が2倍以下（1～2の範囲）である場合には、始めに周波数領域による拡大処理手段で2倍に拡大し、実領域による拡大処理部で0.5～1倍に縮小することにより、1以上のいずれの拡大処理にも適応できる。

【0140】また、請求項18によれば、請求項11、13、15における予測ルールは、解像度の高い複数のサンプルの画像データを用い、これらの画像データから前記拡大率に応じた領域を分割し、分割した領域を直交変換を用いて周波数領域に変換し、この周波数領域における低周波領域の周波数成分と高周波領域の周波数成分との相関関係をもとに求めるようにしたので、拡大後の高周波成分の復元を簡単にかつ高精度に行うことができ、これにより、全体的な処理の高速化が図れ、なおかつ、鮮明な拡大画像を得ることができる。

【0141】また、請求項19によれば、請求項11、13、15における高周波領域予測手段は、前記直交変換手段により得られた周波数領域を幾つかのエリアに分割し、分割されたエリアのうち、低周波領域のエリアには前記直交変換手段により直交変換された原画像の周波数情報をそのまま復元し、高周波領域のエリアにおける周波数データは前記解像度の高い複数のサンプルの画像データから得られた予測ルールに基づいて予測を行なうようにしたので、拡大後の高周波成分の復元を簡単にかつ高精度に行うことができ、これにより、全体的な処理の高速化が図れ、なおかつ、鮮明な拡大画像を得ることができる。

【0142】また、請求項20によれば、請求項11、13、15における直交変換手段および逆直交変換手段は、矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換を用いている。これら矩形波を基底ベクトルとした直交変換および逆直交変換は、低周波領域への電力集中が小さいことから、高周波の情報の影響がより大きなものとなり、高周波成分を埋めることによる画像の鮮明度をより大きくすることができ、画質改善効果を極めて大きなものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を説明するブロック図。

【図2】第1の実施例の全体的な処理を説明するフローチャート。

【図3】原画像をブロックに分割する例を説明する図。

【図4】高周波領域予測処理を説明する図。

【図5】複数のサンプル画像から得られた予測ルールを説明する図。

【図6】予測ルールに基づいた高周波成分の復元処理を説明する図。

【図 7】高周波領域の予測処理を説明するフローチャート。

【図 8】第 2 の実施例を説明する際に必要な解像度とエッジ部分の関係を説明する図。

【図 9】第 2 の実施例の構成を説明するブロック図。

【図 10】エッジ強調処理に用いられるフィルタ例を示す図。

【図 11】前記フィルタを用いてエッジ強調処理を行おうとする画像データ例を示す図。

【図 12】第 2 の実施例の全体的な処理を説明するフローチャート。

【図 13】第 3 の実施例の構成を説明するブロック図。

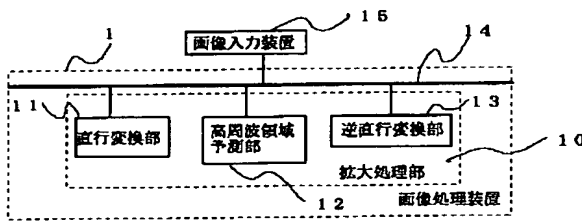
【図 14】第 3 の実施例の全体的な処理を説明するフローチャート。

【図 15】第 3 の実施例における第 2 の拡大処理部として用いられる線形補間法を説明する図。

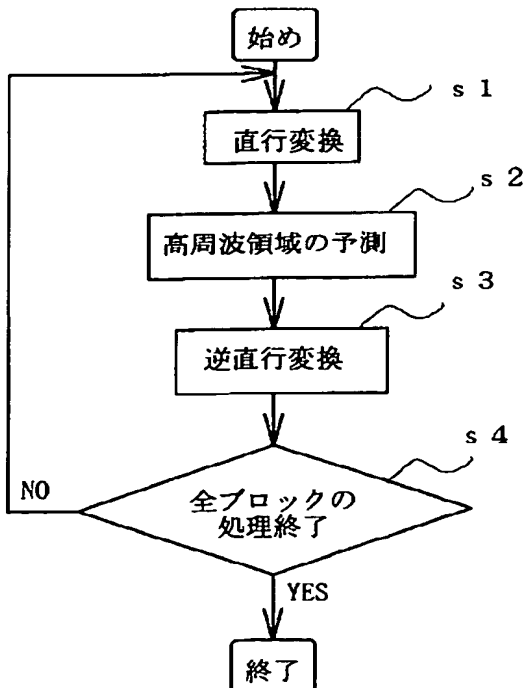
【図 16】第 4 の実施例の構成を説明するブロック図。

【図 17】第 4 の実施例の全体的な処理を説明するフロー \*

【図 1】



【図 2】



\*ーチャート。

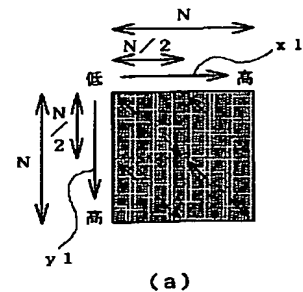
【図 18】第 4 の実施例の処理を図式化して示す図。

【図 19】従来の周波数領域に変換して拡大する例を説明する図。

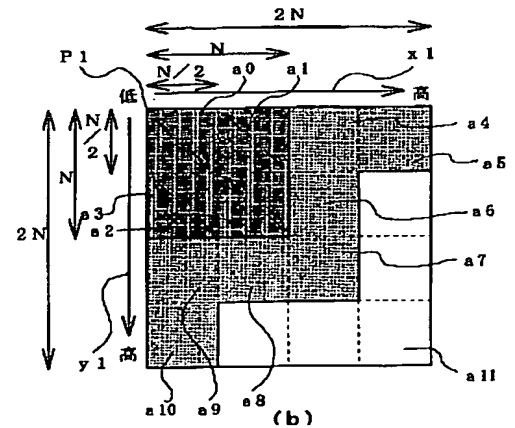
【符号の説明】

- 1・・・画像処理装置
- 10・・・第 1 の実施例における拡大処理部
- 11・・・直交変換部
- 12・・・高周波領域予測部
- 13・・・逆直交変換部
- 20・・・第 2 に実施例における拡大処理部
- 21・・・エッジ強調部
- 30・・・第 1 の拡大処理部
- 31・・・第 2 の拡大処理部
- 40・・・周波数領域拡大処理部
- 41・・・実領域拡大処理部
- 42・・・画像合成部

【図 4】

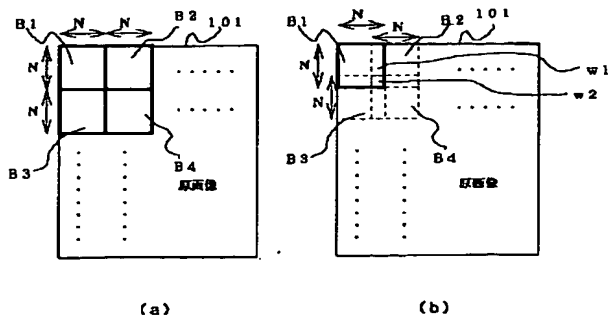


(a)

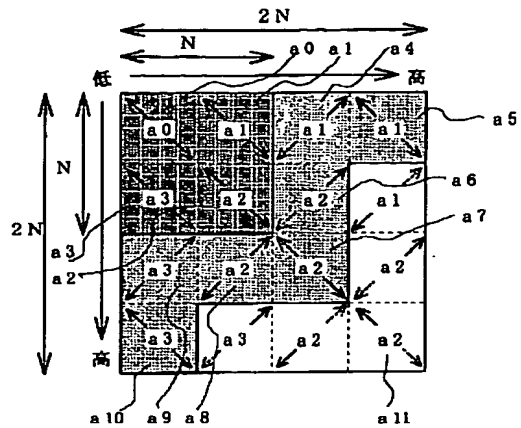


(b)

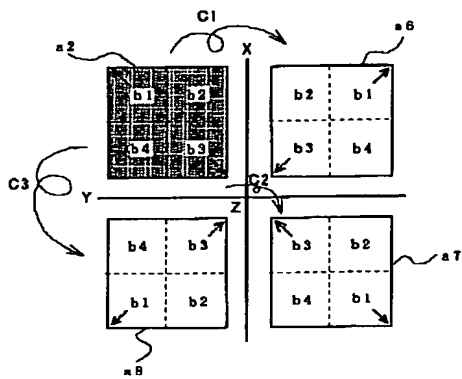
【図 3】



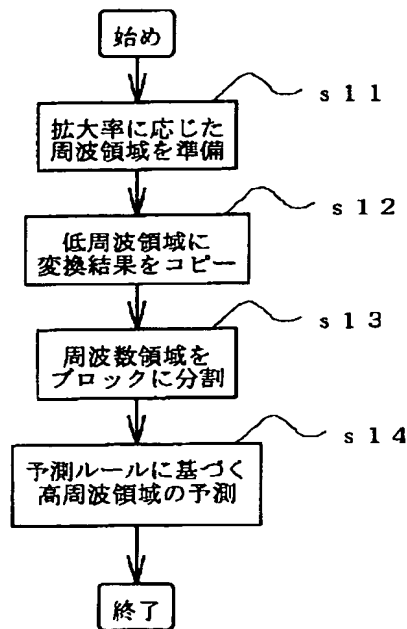
【図 5】



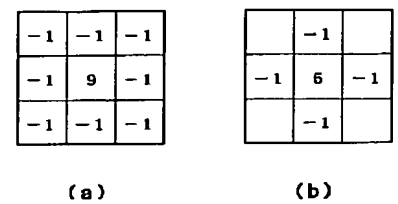
【図 6】



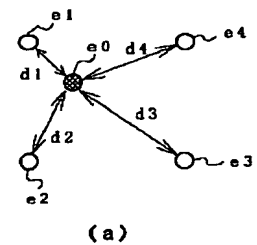
【図 7】



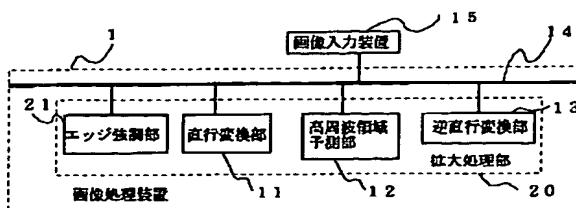
【図 10】



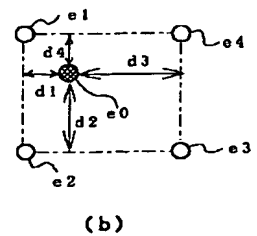
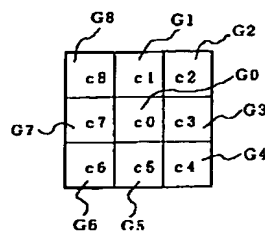
【図 15】



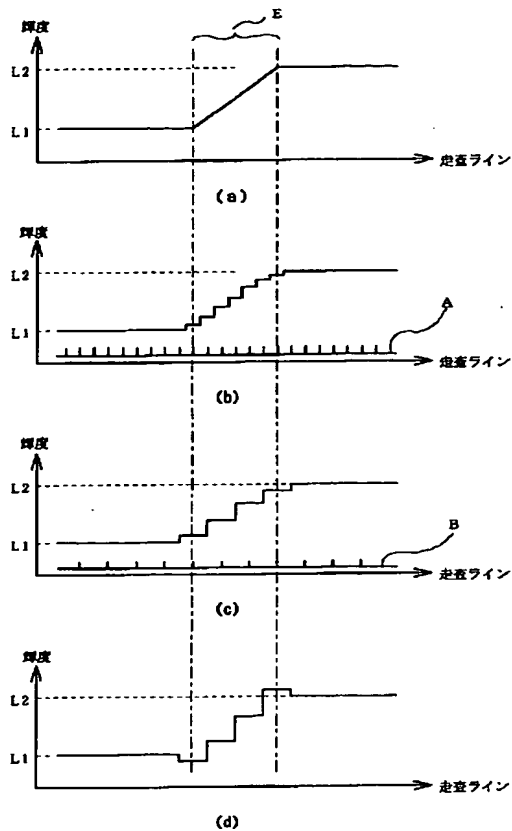
【図 9】



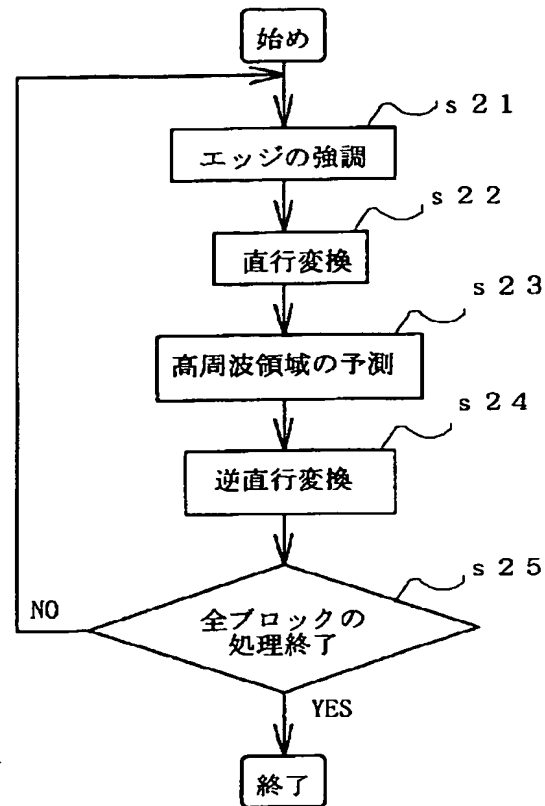
【図 11】



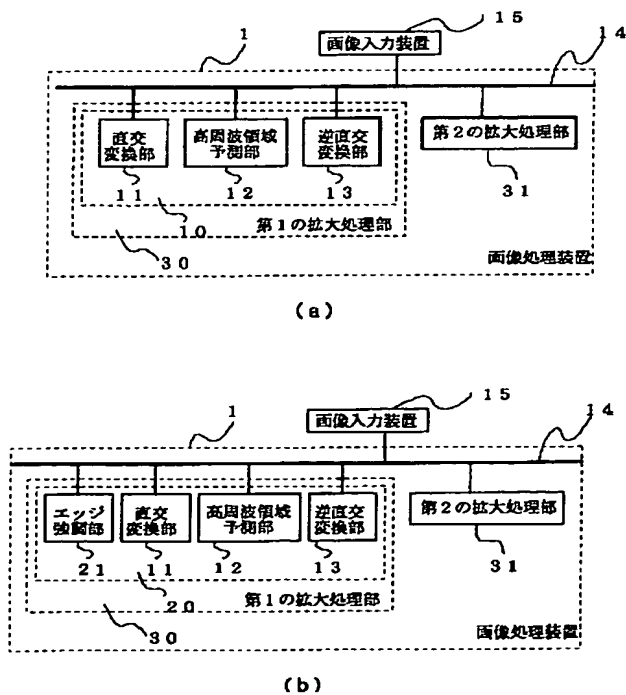
【図8】



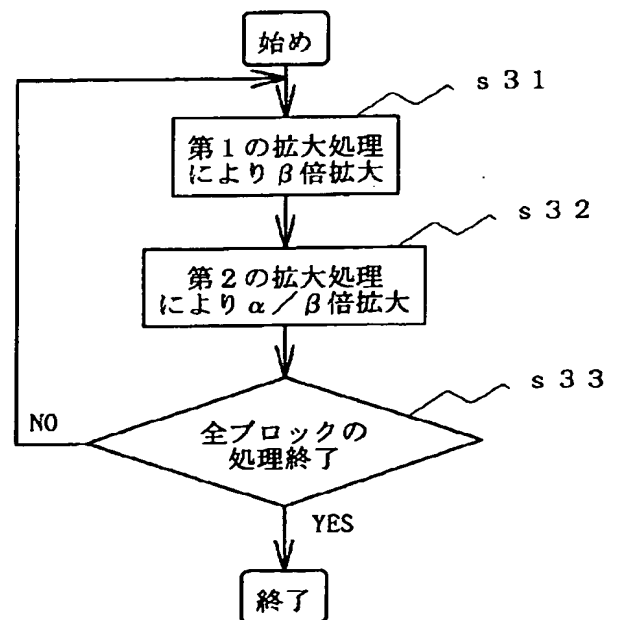
【図12】



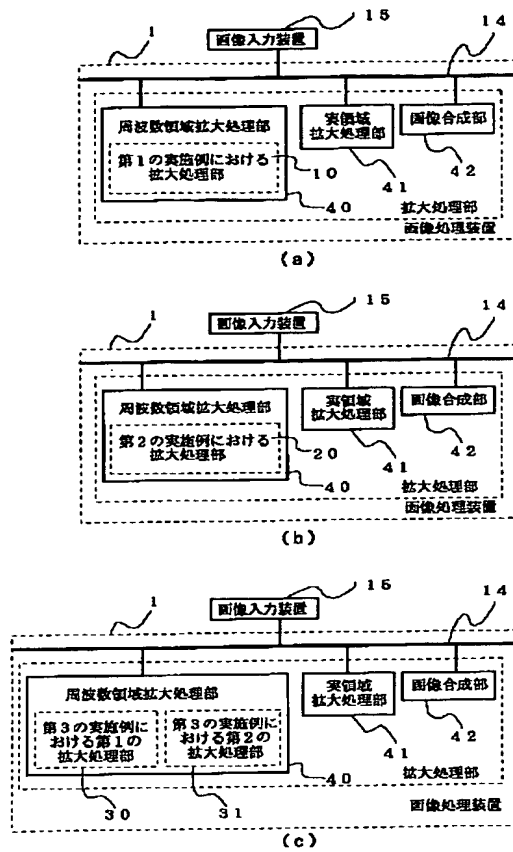
【図13】



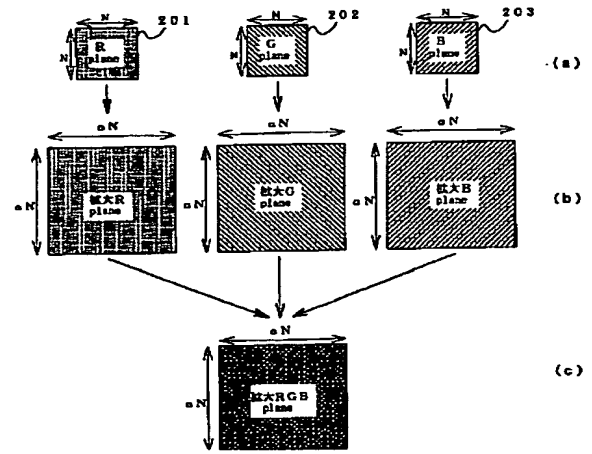
【図14】



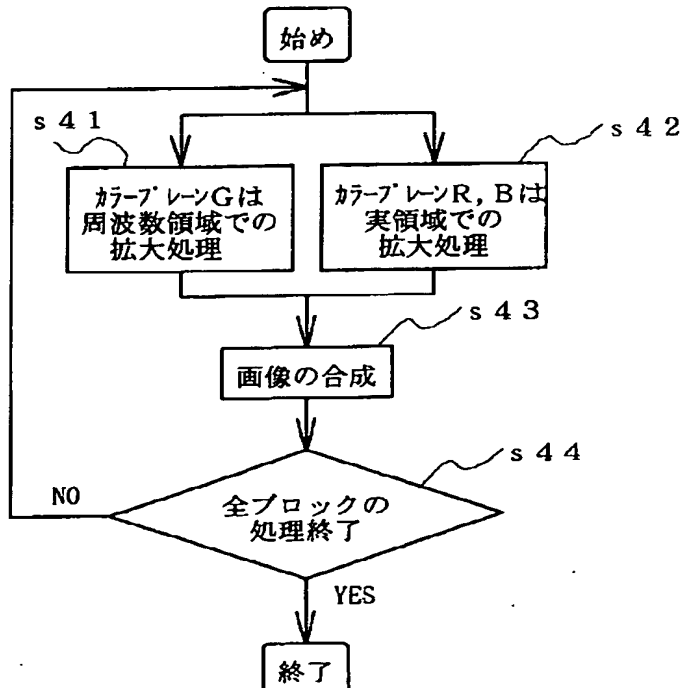
【図16】



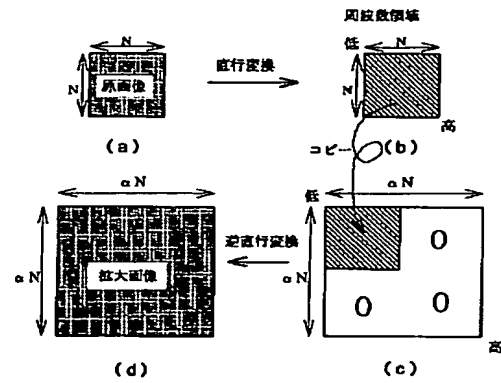
【図18】



【図17】



【図 19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H 0 4 N 7/30

// G 0 6 F 17/14

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 N 7/133

G 0 6 F 15/332

技術表示箇所

Z

S



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**